Über die physiologische Bedeutung der Transpiration der Pflanzen.

Von **Friedrich Reinitzer**.

(Ausgeführt im pflanzenphysiologischen Institute der Prager Universität.)

(Mit 2 Holzschnitten.)

Der grösste Theil der Pflanzen gibt immerwährend eine sehr grosse Menge von Wasser an die Luft ab und nimmt als Ersatz dafür beständig wieder neues aus der Erde auf. Nur die Wasserpflanzen, die subterranen und alle jene Pflanzen, die den Bau der Cactusgewächse zeigen, machen hievon eine Ausnahme, indem sie entweder gar nicht, oder nur sehr wenig transpiriren. Es ist sehr naheliegend, aus einem so allgemeinen Vorkommen dieser Erscheinung den Schluss zu ziehen, dass dieselbe für die Pflanzen von grossem Vortheile sein muss, da man sie bei ihnen nur dann vermisst, wenn irgend eine äussere Ursache ihr Auftreten unmöglich macht. Bei den Wasserpflanzen und den subterranen Gewächsen ist es das dieselben umgebende Medium, bei den cactusartigen die äusserst spärliche Wasserzufuhr, durch welche das Fehlen der Transpiration veranlasst wird. Es macht diese Erscheinung den Eindruck, als wenn die Möglichkeit zu transpiriren und einen Transpirationsstrom zu unterhalten, von so grossem Vortheile für die Pflanze wäre, dass sie dieselbe nur unter abnormen Verhältnissen aufgibt. Es lassen sich hiefür auch in der That Gründe anführen, welche dies wahrscheinlich machen. Durch Kopp, Schuhmacher, Wolf[1] u. A. wurde nämlich gezeigt, dass der Transpirationsstrom die Aufnahme der unorganischen Nahrungsmittel beschleunigt. Man kann sich nun vorstellen,

[1] Schuhmacher. Physik der Pflanze 1867, pag. 221 ff.

dass bei sonst günstigen Bedingungen durch diese vermehrte Zufuhr von Nahrungsmitteln auch die Production von organischer Substanz, und somit auch das Wachsthum begünstigt wird um so mehr, als es nicht unmöglich wäre, dass der ziemlich bedeutende Kohlensäuregehalt der Bodenflüssigkeit ebenfalls hiezu beiträgt. Es wurde zwar von Moll[1] nachgewiesen, dass die Kohlensäure des Bodens in der Pflanze keine Beschleunigung der Stärkebildung hervorzurufen im Stande ist, aber seine Versuche sind gerade in Bezug auf Transpiration gar nicht beweisend, indem bei keinem, in Folge der Versuchsanordnung, ein Transpirationsstrom sich durch die Pflanze bewegen konnte. Gerade der Transpirationsstrom ist aber sehr geeignet, die Kohlensäure vom Zuführungsorte zum Zersetzungsorte zu befördern, denn durch blosse Diffusion kann dies nur sehr langsam geschehen, wodurch die negativen Resultate Moll's sehr leicht begreiflich erscheinen. Diese Auffassung, dass der Transpirationsstrom vor Allem die Aufgabe habe, die Aufnahme der Salze des Bodens zu beschleunigen, ist schon ziemlich alt; aber auch unter den gegenwärtigen Physiologen hat sie Vertreter gefunden. So sagt Wiesner[2] hierüber Folgendes: „Wie in jüngster Zeit ausgeführte Versuche lehrten, wird die im Lichte vor sich gehende hochgesteigerte Verdunstung grüner Pflanzentheile durch den im Chlorophyllkorn erfolgenden Umsatz von Licht in Wärme hervorgerufen. Da nun mit dem Wasser die Nährstoffe des Bodens eintreten, so muss die physiologische Bedeutung dieser durch das Licht hervorgerufenen Transpirationssteigerung darin bestehen, die Zufuhr der Stoffe zur Pflanze gerade in einer Zeit zu erhöhen, in welcher die Bedingungen für die Production organischer Substanz die günstigsten sind". — „Man sieht leicht ein, dass der rasche Wechsel des Wassers in der Pflanze ihren Stoffbewegungen nur zu Gute kommt. Der Zweck dieses Durchtriebes grosser Wassermengen durch die Pflanze ist aber noch ein anderer. Die für die Pflanze nothwendigen Mineralsalze werden von der Feinerde des Bodens mit einer Kraft und Zähigkeit zurückgehalten, dass mit dem Bodenwasser der Pflanze nur ausserordentlich ver-

---

[1] Arbeiten des botanischen Institutes in Würzburg. II. 105.

[2] Österr. botan. Zeitung. 1878, pag. 361 ff.

dünnte Lösungen dieser Körper zugeführt werden können. Durch die kolossalen Wasserquanta, welche die Pflanzen rasch durchströmen, gelangen aber die nöthigen Mengen noch rechtzeitig an ihre Stelle."

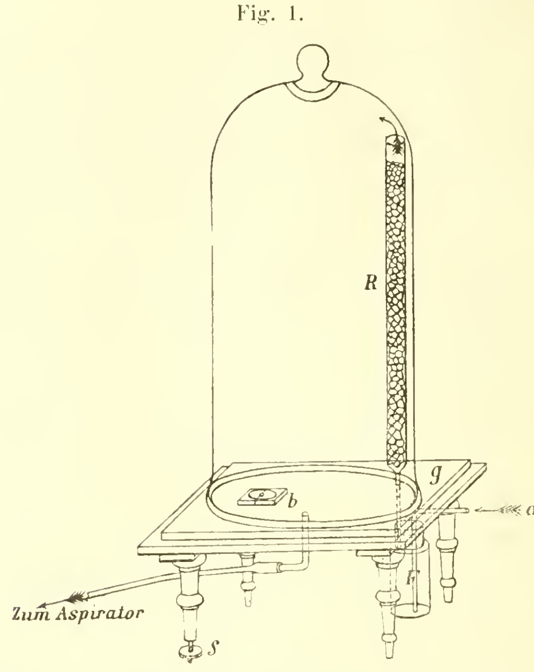
Durch alle diese Betrachtungen kann es in der That wahrscheinlich erscheinen, dass der Transpirationsstrom eine für die Pflanze nützliche, wenn auch entbehrliche Einrichtung sei.

Entgegen dieser Ansicht zeigt aber die Erfahrung, dass die Pflanzen gerade dann, wenn sie am Transpiriren gehindert sind, am üppigsten gedeihen. In unseren Treibhäusern, in denen die Luft stets grosse Mengen von Wasserdampf enthält, dessgleichen in feuchten Wäldern, ist die Vegetation entschieden üppiger, als an Orten mit trockener Luft, an welchen die Pflanzen genöthigt sind stark zu transpiriren. Wir wissen ferner, dass Pflanzen, die an sehr freien Orten stehen, an denen sie den Winden und somit auch der starken Transpiration ausgesetzt sind, stets langsam wachsen, wobei sie freilich auch ein sehr dichtes und festes Holz bekommen. Durch diese Thatsachen wird die obenausgesprochene Ansicht über den physiologischen Werth der Transpiration sehr zweifelhaft gemacht, da sie eine geradezu entgegengesetzte Anschauung verlangen. Welches ist nun die richtige Ansicht? Ist die Transpiration den Pflanzen nützlich, oder hat sie für sie keine Bedeutung, oder ist sie sogar von schädlichem Einfluss auf dieselben?

Um diese Frage zu lösen, erschien es mir vor Allem nothwendig, die Wirkung der Transpiration auf die Pflanze durch das Experiment vollkommen sicher zu stellen. Wie soeben hervorgehoben wurde, lehrt zwar die Erfahrung des täglichen Lebens, dass die Vegetation bei gehinderter Transpiration sich weit üppiger gestaltet als im Gegenfalle, aber einer solchen Beobachtung ist doch jedenfalls ein wissenschaftlich controlirtes Experiment vorzuziehen um so mehr, als dasselbe gestattet, sich durch Messung eine Vorstellung von der Grösse der Wirkung zu machen. Die Versuche wurden derartig ausgeführt, dass zwei möglichst gleichartige Exemplare einer Pflanze in solche Verhältnisse gebracht wurden, dass das eine derselben am Transpiriren fast vollkommen gehindert war, während das andere zu einer sehr kräftigen Transpiration gezwungen wurde. Dies wurde einfach in der

Weise erzielt, dass beide Pflanzen mit Ausschluss des Blumentopfes unter Glasglocken gebracht wurden, durch welche sich, mittelst eines Aspirators, continuirlich Luft bewegte, welche für

Fig. 1.

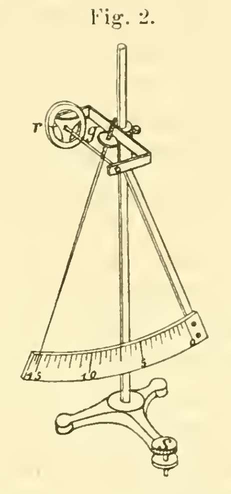


g Glasplatte, auf welcher die Glocke aufgeschliffen und mit Fett luftdicht befestigt ist. Bei *b* ist in der Glasplatte *g* eine grössere Öffnung zum Einführen der Pflanze. Sie wird durch eine in der Mitte zerschnittene, mit Talg aufgedichtete Glasplatte verschlossen, in deren mittlere kleine Öffnung die Pflanze mit Baumwachs luftdicht verkittet wird. Das Rohr *R* ist mit Bimsstein gefüllt, der mit Wasser oder Schwefelsäure befeuchtet ist. Sein unteres dünnes Ende steckt im Kork der Flasche *F* und ist nahe unter demselben abgeschnitten. Die Flasche *F* ist ebenso beschickt wie das Rohr *R* (in der Zeichnung weggelassen). Die Luft tritt bei *a* ein und geht in der Richtung der Pfeile. Die Schraube *S* dient zum Feststellen des Tischchens.

die eine Glocke mit Wasserdampf gesättigt, für die zweite aber vollständig getrocknet wurde. Zum Einführen der Pflanzen befanden sich in den Glasplatten grössere Öffnungen, welche durch zwei aufgeschliffene, mit Talg bestrichene Glasplatten verschlossen wurden, in welche man wieder die Pflanzen mit Baumwachs befestigte. (Fig. 1.) Für den Eintritt der Luft war in der Glas-

platte ein weites Rohr befestigt, welches bis in den obersten Theil der Glocke reichte und mit Bimssteinstückchen, die in dem einen Falle mit Wasser, in dem andern mit Schwefelsäure befeuchtet wurden, gefüllt war. Diese Röhren waren ausserhalb der Glocken noch in Verbindung mit, auf die gleiche Art beschickten Waschflaschen, in welche die Luft durch ein Glasrohr von unten aus eintrat. Zum Absaugen der Luft aus der Glocke war ebenfalls in der Glasplatte eine Öffnung angebracht, in welcher sich eine in der Ebene der Platte abgeschnittene Glasröhre befand, die mit dem Aspirator in Verbindung stand. Die Pflanzen wurden nun in diesen Atmosphären stets längere Zeit (bis zu einigen Wochen) gelassen und dabei durch einen kleinen einfachen Messapparat die Wachsthumsgeschwindigkeit gemessen. Der Messapparat (Fig. 2) bestand im Wesentlichen aus einem leichten Rädchen *(r)* mit Nut, an dessen Axe ein nach abwärts gerichteter Zeiger befestigt war, der auf einer daselbst befindlichen Scala spielte. An der oberen Verlängerung des Zeigers befand sich ein verschraubbares Gewicht *(g)*, durch welches der Schwerpunkt desselben in die Axe verlegt, und so der Apparat für sehr geringe Kräfte empfindlich gemacht werden konnte. Zur Übertragung der Bewegung bediente ich mich eines, durch ein Eingrammstück gespannten, ausgeglühten, haarfeinen Platindrahtes, und zwar desshalb, weil ich mich überzeugt hatte, dass Fäden organischen Ursprungs durch Feuchtigkeitsdifferenzen ziemlich bedeutende Dimensionsänderungen erfahren, während die Längendifferenzen des Platindrahtes, welche durch die hier in Betracht kommenden Temperaturschwankungen hervorgerufen werden, so gering sind, dass sie durch den von mir verwendeten Apparat nicht angezeigt werden.

Fig. 2.



Die Axe des Rädchens *r* geht zwischen Spitzen. Die Schraube *S* dient zum Horizontalstellen der Axe des Rädchens *r*.

Die Versuche wurden fast durchgehends in einem Glashause vorgenommen und dafür gesorgt, dass, mit Ausnahme der

Luftfeuchtigkeit, alle übrigen äusseren Verhältnisse für beide Pflanzen vollkommen gleich waren. Für die ersten Versuche verwendete ich nacheinander: *Tradescantia viridis*, *Boussingaultia* und *Evonymus japonicus*. Ich hatte gehofft, dass die starke Transpiration, zu welcher die in der trockenen Atmosphäre sich befindende Pflanze gezwungen wurde, auch einen entsprechend kräftigen Transpirationsstrom hervorrufen werde. Trotz der günstigen Temperatur und hinreichender Wasserzufuhr, geschah dies jedoch nicht. Die Pflanze konnte den Blättern das Wasser nicht so schnell zuführen, als es in denselben verdunstete und sie starb daher in längerer oder kürzerer Zeit ab. Die Blätter bekamen meist zwischen den Seitennerven gelbe Flecke, färbten sich lichter und trockneten schliesslich derartig ein, dass sie bei leiser Berührung abfielen. Der Inhalt der Zellen war zusammengezogen, das Chlorophyll missfärbig und im Protoplasma aufgelöst. Die Zeit, innerhalb welcher dies geschah, richtete sich nach der Beschaffenheit der Blätter, indem Pflanzen mit derberen, stärker cuticularisirten Blättern längere Zeit diesen Einflüssen widerstanden. So genügten bei *Tradescantia viridis* schon 24 Stunden, um die Pflanze zum Absterben zu bringen, während sich *Evonymus japonicus* fast zwei Wochen am Leben erhielt. Ich konnte jedoch keine Pflanze finden, die im Stande gewesen wäre, in dieser trockenen Atmosphäre auszuhalten. Die meisten giengen schon nach wenigen Tagen zu Grunde. Am meisten dürften in dieser Hinsicht die cactusartigen Pflanzen vertragen, welche ich jedoch leider nicht untersuchen konnte. Bei Pflanzen, welche einige Zeit lang in der trockenen Atmosphäre aushielten, konnte man sehr deutlich einen verlangsamenden Einfluss der Transpiration erkennen. Tabelle I zeigt dies für *Evonymus japonicus* bei 13tägiger Versuchsdauer. Da jedoch in diesen Fällen kein genügend kräftiger Transpirationsstrom durch die Pflanze hindurchging, wesshalb sie eigentlich geradezu eintrocknete, so kann diesem Resultate keine Beweiskraft zugeschrieben werden. Ich versuchte daher, der Pflanze das Wasser unter dem Druck einer Quecksilbersäule von möglichst constanter Höhe zuzuführen, um so möglichst grosse Wassermengen durch sie hindurch zu treiben, was auch vollständig gelang. Anfangs führte ich die Versuche in der Art aus, dass ich abgeschnittene Pflanzentheile in den

mittleren Tubus einer dreihalsigen Woulf'schen Flasche befestigte, welche mit Quecksilber und einer Nährstofflösung[1] gefüllt war und von welcher der eine der zwei anderen Hälse mit einem, bis auf den Boden reichenden Manometerrohr, der andere mit einem Kautschukballon versehen war, welch' letzterer nach Belieben durch einen Quetschhahn ausser Communication mit dem Inhalte der Flasche gesetzt werden konnte, und der ebenfalls mit Nährstofflösung gefüllt war. Durch Druck auf den Ballon konnte nun das Quecksilber im Manometerrohr zum Steigen gebracht werden und so nach Belieben ein Druck bis über eine Atmosphäre erzeugt werden. Dieser Kautschukballon machte es ferner noch sehr leicht, durch tägliches Reguliren den Druck auf annähernd constanter Höhe zu erhalten. Einen solchen Apparat verwendete ich zunächst für die in trockener Luft wachsende Pflanze, während die andere im Blumentopfe gelassen wurde. Als Versuchspflanze wählte ich wieder *Tradescantia viridis*.

Ein abgeschnittener Zweig derselben wurde vorher in einer Nährstofflösung solange stehen gelassen, bis er sich gut bewurzelt hatte, und hierauf in der Woulf'schen Flasche befestigt. Es wurden mit denselben Pflanzen zwei Versuchsreihen ausgeführt, wovon die eine 45, die andere 68 Tage dauerte und deren Ergebnisse sich in den Tabellen II und III vorfinden. Das Ergebniss der Versuche ist ein ganz unzweifelhaftes. Die in feuchter Luft befindliche, nicht transpirirende Pflanze, wächst doppelt bis dreimal so schnell als die andere. An vielen Stellen der Tabelle III verhalten sich sogar die bis dahin erreichten Zuwüchse wie 1 : 4, so z. B. fast an allen Tagen vom 2/7 bis zum 22/8. Aber auch schon das blosse Aussehen der Pflanzen zeigte sehr auffallende Unterschiede. Die Pflanze in der feuchten Atmosphäre hatte längere, zahlreichere und dickere Internodien und trieb an der Insertionsstelle der Blätter Wurzeln, welche anfangs meist horizontal, später schräg nach abwärts wuchsen. Die Blätter dieser Pflanze, an deren Rande sich stets Wassertropfen ausschieden, waren ungemein gross und von sehr zarter Beschaffenheit, während die Blätter jener Pflanze, die in trockener Luft erwachsen war, nur klein,

---

[1] Die Nährstofflösung war nach Risse angefertigt. Siehe Sachs, Handbuch der Experimentalphys. der Pflanzen, pag. 145.

aber dick und von derber Beschaffenheit waren, was sich auch durch eine stärkere Entwicklung der Cuticula zu erkennen gab. Ausser diesen Erscheinungen war noch eine andere sehr auffallende zu beobachten. Die in der feuchten Luft wachsende Pflanze war nämlich in sehr hohem Grade für das Licht empfindlich. Während die in trockener Luft wachsende Pflanze sich innerhalb der ganzen Versuchsdauer nur sehr unbedeutend krümmte, erfolgte die Krümmung bei der zweiten schon in kurzer Zeit und in sehr bedeutendem Masse.[1] Diese Erscheinung ist ein ganz auffallender Beweis für die von Wiesner[2] aufgefundene Thatsache, dass die heliotropischen Krümmungen von der Turgescenz der Zellen abhängig sind. Wiesner hat bekanntlich gezeigt, dass die Zellwände der beleuchteten Seite durch das Licht an Dehnbarkeit verlieren und dass gleichzeitig der Turgor in der Pflanze etwas zunimmt, wodurch die Krümmung der Pflanze gegen das Licht hervorgebracht wird. Wird nun der Turgor auch noch durch andere Umstände erhöht, wie dies bei den eben beschriebenen Versuchen für die Pflanze *b* geschah, so muss sich natürlich auch die Krümmung bedeutend verstärken. Im Gegensatze hiezu kann die Wirkung des Lichtes auf die Pflanze unter Bedingungen, die das Zustandekommen eines Turgors verhindern, äusserlich gar nicht sichtbar werden. Demzufolge krümmte sich auch die in der trockenen Atmosphäre wachsende Pflanze nur sehr wenig, was der beste Beweis dafür ist, dass der Turgor derselben nur sehr gering war. Um den Unterschied zwischen den beiden Pflanzen *a* und *b* noch anschaulicher zu machen, habe ich die Länge und Dicke einiger Internodien, ferner die Länge und Breite ihrer Blätter, und endlich noch die Biegungselasticität der Stengel mit einander verglichen.

Die Länge von 12 Internodien von oben an gezählt, war, (siehe beistehende Tabelle) folgende:

---

[1] Da es mir nicht möglich war, die dadurch entstehenden Fehler bezüglich der Wachsthumsmessung durch allseitige Beleuchtung auszugleichen, so sind natürlich die in der Tabelle (Columne *b*) enthaltenen Werthe noch zu klein.

[2] „Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreiche". II. Theil. (K. Akad. d. W. in Wien. Bd. LXXXI. pag. 7.)

Internodium	Internodienlänge in Mm.	
	Pflanze *a*	Pflanze *b*
1	5·0	8·0
2	8·0	26·0
3	15·5	26·5
4	15·5	26·5
5	18·0	32·5
6	17·0	36·0
7	22·5	41·5
8	21·0	45·0
9	18·0	43·5
10	15·5	51·5
11	12·0	46·5
12	11·5	43·0
Summe	179·5	426·5

Die Zahlen beziehen sich alle auf die zwei Pflanzen, mit denen die Versuchsreihe ausgeführt wurde, deren Resultate in der Tabelle III wiedergegeben sind. Pflanze *a* war in trockener, *b* in feuchter Luft erwachsen. Es ist ersichtlich, dass die Internodien ersterer Pflanze bedeutend kürzer sind als die der zweiten. Einige Internodien der Pflanze *b* (z. B. Nr. 10, 11, 12) haben sogar eine 3- bis 4mal so grosse Länge als die entsprechenden Internodien der Pflanze *a*.

Auch die Gesammtlänge einer gleichen Anzahl von Internodien zeigt eine bedeutende Verschiedenheit und verhält sich in diesem Falle wie 1 : 2·32. Die Grösse der Blätter lässt sich aus folgenden Zahlen beurtheilen:

Pflanze	Länge der Blätter in Mm.		Breite der Blätter in Mm.	
	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum
a	22·5	17·5	14·0	11·0
b	44·0	26·5	20·0	12·0

Nimmt man die Blätter als Ellipsen an und die hier angegebenen Werthe als Axen derselben, so ergibt sich für das Flächenverhältniss als Maximalwerth 100 : 279 und als Minimalwerth 100 : 165. Die Blätter der transpirirenden Pflanze hatten daher im Maximum eine fast dreimal so grosse Oberfläche als jene der nicht transpirirenden. Man sieht also, dass die sämmtlichen Dimensionen der Pflanze *b* bedeutend grösser waren, als die der Pflanze *a*. Dabei hatte aber diese erstere Pflanze (*b*) durchaus nicht etwa eine geringere Festigkeit, sondern wie die folgenden Versuche über die Biegungselastitität derselben beweisen, war gerade das Gegentheil der Fall. Diese Versuche wurden in der bekannten, zuerst von Sachs[1] angewendeten Weise gemacht. Es wurde das achte Internodium beider Pflanzen abwechselnd im entgegengesetzten Sinne so gebogen, dass der Krümmungsradius 1 Cm. betrug. Die Krümmungsradien der nach dem Loslassen noch zurückbleibenden Krümmungen, waren folgende:

Krümmung	Restirende Krümmungsradien der Pflanze	
	a	*b*
1.	5 Cm.	5 Cm.
2.	2	5
3.	2	4
4.	2	4

Die Transpiration hat somit auf die Pflanzen eine sehr deutliche und auffallende Wirkung, welche darin besteht, dass sie das Wachsthum bedeutend verzögert und die Biegungselasticität ein wenig vermindert.

Um mich zu überzeugen, ob nicht etwa der Umstand, dass zu den Experimenten abgeschnittene und im Wasser bewurzelte Pflanzentheile verwendet wurden, abnorme Erscheinungen hervorrufe, wiederholte ich dieselben in gleicher Weise mit in Nährstoff-

[1] Lehrbuch d. Botanik, 3. Auflage, pag. 690.

lösungen erwachsenen Keimpflanzen (*Helianthus annuus*), jedoch mit dem Unterschiede, dass hier die Nährstofflösung beiden Pflanzen unter Druck zugeführt wurde. Die Krümmung der in feuchter Luft wachsenden Pflanze war jedoch hier so stark, dass trotz wiederholter Versuche eine auch nur annähernde Messung der Wachsthumsgeschwindigkeit nicht möglich war. Man konnte aber schon aus dem äusseren Aussehen der Pflanzen sehr deutlich erkennen, dass auch unter diesen Umständen die Wirkung der Transpiration dieselbe geblieben war. Um auch die Nährstofflösung zu eliminiren, machte ich eine Versuchsreihe mit in Erde eingewurzelten Pflanzen. Zu diesen Versuchen wählte ich Pflanzen mit verholztem Stengel (*Nerium Oleander*), um zu sehen, ob die grössere Leitungsfähigkeit des Holzes für Wasser auf das Wachsthum der transpirirenden Pflanze einen günstigen Einfluss haben würde. Die Blumentöpfe der Pflanzen wurden in entsprechend grosse Blechbüchsen eingelöthet, die ganz so eingerichtet waren, wie die früher beschriebenen Woulf'schen Flaschen. Anfangs war bloss bei der in trockener Luft wachsenden Pflanze das Wasser, das den Blumentopf derselben umgab, unter Druck gesetzt; später geschah dies jedoch auch für die zweite Pflanze. Dies letztere hatte den Zweck, sich davon zu überzeugen, ob nicht etwa der Unterschied im Wachsthume der beiden Pflanzen davon herrühre, dass der einen derselben das Wasser unter Druck zugeführt wurde. Die bei diesen Versuchen erhaltenen Zahlen sind auf Taf. IV zusammengestellt. Das Resultat ist wieder ein ganz ähnliches wie die früheren; dies gilt auch bezüglich der Krümmung der Pflanze *b* und bezüglich des Aussehens der beiden Pflanzen. Es gelten somit die in den ersten Versuchen gemachten Erfahrungen auch für verholzte und für in Erde eingewurzelte Pflanzen. Aus der zweiten Hälfte der Tabelle IV ist zu ersehen, dass durch den Umstand, dass nunmehr auch der Pflanze *b* das Wasser unter Druck zugeführt wurde, diese sich so sehr krümmte, dass der Messapparat nur ein sehr geringes Wachsthum anzeigte. Eine nachträglich vorgenommene directe Messung zeigte jedoch auch hier, dass das Wachsthum der Pflanze *b* dem der Pflanze *a* bedeutend vorausgeeilt war, was übrigens auch schon durch den Augenschein sehr auffällig hervortrat. (Siehe die Bemerkung am Schlusse der Tabelle IV.) Die Zuführung des Wassers unter

Druck steigert somit bloss die Reizbarkeit der Pflanze für das Licht, was nach dem früher Mitgetheilten keiner Erklärung mehr bedarf.

Nachdem nun so die Thatsache vollkommen sicher gestellt ist, dass die Transpiration einen entschieden verlangsamenden Einfluss auf das Wachsthum der Pflanzen hat, muss es sich darum handeln, einerseits diese Wirkung zu erklären und andererseits zu zeigen, warum ein so entschieden nachtheilig wirkender Vorgang sich einer so allgemeinen Verbreitung im Pflanzenreiche erfreut.

Es ist klar, dass die Wirkung der Transpiration nur eine zweifache ist. Einerseits erzeugt sie eine Wasserbewegung, den Transpirationsstrom, andererseits vermindert sie die Turgescenz der Zellen. Obwohl nun der Transpirationsstrom unorganische Salze in die Pflanze einführt, so ist er dennoch für dieselbe ganz und gar werthlos, wie eine nähere Betrachtung sehr leicht ergibt. Schon die einheitliche Bewegung des Wassers kann unmöglich günstig wirken, da die für den Stoffwechsel nothwendigen Diffusionsbewegungen, welche ja gerade so wie der Transpirationsstrom durch die Zellwände gehen,[1] nothwendigerweise die verschiedensten Richtungen haben müssen, wesshalb der Transpirationsstrom mehr oder weniger Unordnung in diese Bewegungen bringen muss. Was nun die Vermehrung der Zufuhr von Nahrungsstoffen durch den Verdunstungsstrom anbelangt, so lässt sich von

[1] Obwohl man es gegenwärtig als erwiesen betrachtet, dass der Transpirationsstrom bloss durch das Holz geht, kann doch bei eingehender Betrachtung der Verhältnisse nicht geleugnet werden, dass diese Wasserbewegung auch die übrigen Gewebe trifft. Selbstverständlich müssen jedoch die Geschwindigkeiten, mit denen sich das Wasser in diesen Geweben bewegt, verkehrt proportional den Widerständen sein, welche sich denselben in den betreffenden Geweben entgegenstellen. Diese Ansicht folgt schon aus rein mechanischen Principien. Es gibt aber auch Thatsachen, welche bezeugen, dass auch andere Gewebe befähigt sind, das Wasser zu leiten. So gibt es genug ausgehöhlte Weidenstämme mit üppig wuchernder Krone, deren Holzkörper sehr klein ist. Übrigens zeigen auch alle krautigen Gewächse, welche keine oder nur sehr wenige verholzte Zellen enthalten, dass auch unverholzte Gewebe das Transpirationswasser leiten können.

derselben sehr leicht zeigen, dass sie durchaus keinen begünstigenden Einfluss auf das Wachsthum haben kann, und somit die Ansicht Wiesner's (l. c.) unrichtig ist. Zunächst ist hier in Betracht zu ziehen, dass das Verhältniss, in welchem der Transpirationsstrom die unorganischen Nahrungsmittel der Pflanze zuführt, sich durchaus nicht nach dem momentanen Verbrauch und somit auch dem Bedürfnisse derselben richtet, sondern fast bloss davon abhängig ist, in welchem Verhältniss dieselben in der Bodenflüssigkeit gelöst vorkommen. Wenn somit die Bedingungen für die Bildung neuer organischer Substanz günstiger werden, so kann der durch dieselben Bedingungen gleichzeitig gesteigerte Transpirationsstrom die Bestandtheile nicht in dem Verhältnisse als sie gebraucht werden, zuführen, und sich somit gar nicht nützlich erweisen. Er ist aber auch zur Zufuhr vollkommen überflüssig, denn diese regulirt sich nach dem Verbrauch. Je grösser der Verbrauch der Substanzen ist, d. h. je schneller sie in andere Verbindungen übergeführt werden, desto grösser ist die Störung des Diffusionsgleichgewichtes und desto kräftiger auch die Diffusionsbewegung, die dasselbe wieder herzustellen sucht. Es passt sich sowohl die Qualität, als auch die Quantität der aufgenommenen Nahrungsstoffe, wie dies zuerst Carl Nägeli ausgesprochen hat, vollkommen dem Verbrauche an. Was geschieht nun aber mit den Substanzen, die durch den Transpirationsstrom eingeführt wurden? Ein Theil derselben wird sich jedenfalls auch an den Assimilationsprocessen betheiligen, aber ein sehr grosser Theil wird für dieselben ganz überflüssig sein. So werden namentlich die Kalk- und Magnesiasalze, die in jedem Boden in grosser Menge vorhanden sind und als Sulfate und Bicarbonate leicht in Lösung übergehen, durch den Transpirationsstrom in viel grösserer Menge in die Pflanzen gelangen, als sie daselbst verbraucht werden können. Der Überschuss wird sich daher, da er nirgends zurückgehalten wird, immer weiter bewegen, bis er endlich in den Blättern liegen bleibt. Die Richtigkeit dieser Ansicht wird wesentlich durch den Umstand gestützt, dass die im Herbste abfallenden Blätter unserer Laubbäume, aus welchen bekanntlich alle für die Pflanze noch nützlichen Stoffe wieder in diese zurückwandern, stets grosse Mengen von Kalksalzen enthalten, deren sich die Pflanze somit auf diese Art entledigt. In derselben Weise erklärt sich

auch der Einfluss, den die Zusammensetzung des Bodens auf die quantitative Zusammensetzung der Asche der Pflanzen ausübt, und welcher sich in der Art geltend macht, dass ein und dieselbe Pflanzenspecies von einem Bestandtheile bald mehr, bald weniger aufnimmt, je nachdem der Boden in dem sie wächst, mehr oder weniger davon enthält.[1] Zum Mindesten erscheint diese Erklärung natürlicher, als wie es Sachs[2] thut, anzunehmen, dass die Pflanze um so mehr von einem Salze zersetzen kann, je leichter ihr die Aufnahme desselben ist. Durch diese Thätigkeit kann somit der Transpirationsstrom durchaus nicht von Nutzen für das Wachsthum der Pflanze sein.

Es wirkt aber die Transpiration auch noch geradezu verzögernd auf das Wachsthum, weil sie die Turgescenz der Zellen vermindert. Indem sie nämlich den letzteren beständig Wasser entzieht, wird es denselben unmöglich, den höchsten Grad der Turgescenz zu erreichen und es muss somit auch die Wachsthumsgeschwindigkeit kleiner werden, da die Turgescenz, wie eine einfache Überlegung und die tägliche Erfahrung lehrt, einen sehr wesentlichen Factor für dieselbe bildet.[3] Schuhmacher[4] sagt über diese Verhältnisse Folgendes: „Je weniger Wasser aus einer Pflanze fortdunstet, um so schneller vermehrt sie ihren Umfang, sonst normale Vegetationsverhältnisse vorausgesetzt; weil auch hier die Umfangsvermehrung — das Scheinwachsthum — lediglich auf stärkerer Ausdehnung der Zellen beruht, bei welcher die Zellenmembranen nicht der Ausdehnung entsprechend ausgebildet werden, und weil die organische Thätigkeit der Pflanze nicht in gleichem Verhältnisse zugenommen hat mit der Umfangsvermehrung, so müssen hier alle Erscheinungen eintreten, welche vorhin für die Feuchtigkeitsverhältnisse geschildert wurden.

[1] Bei Vegetationsversuchen in Nährstofflösungen, bei denen es sich darum handelt, das Verhältniss der von der Pflanze aufgenommenen unorganischen Substanzen zu ermitteln, ist dieser Umstand sehr zu beachten, da durch ihn dieses Verhältniss bedeutend verändert werden kann. Es müssen daher bei solchen Versuchen die Pflanzen vor jeder Transpiration geschützt werden.

[2] Lehrbuch der Botanik, 3. Auflage, pag. 611.

[3] Sachs, Lehrbuch, 3. Auflage, pag. 718.

[4] Physik der Pflanze 1867, pag. 232 ff.

Wie eine beständig starke Verdunstung auf die Entwicklung der Pflanze einwirkt, zeigt sich uns in auffallender Weise bei den Holzgewächsen in bedeutender Höhe über dem Meere und besonders dann, wenn der Ort beständigen und stärkeren Luftströmungen ausgesetzt ist; der schwächere Luftdruck und die Luftströmungen befördern die Verdunstung in ganz ausserordentlicher Weise. In bedeutender Höhe über dem Meere wachsen die Bäume äusserst langsam, und, dass die stärkere Verdunstung hieran auch Antheil hat, beweist die Feinheit der Zellen und Gefässe des Holzes; würde nicht so viel Wasser aus der Pflanze fortgeführt, so könnten sich die Zellen immerhin mehr ausdehnen. Herrschen an einem solchen Orte beständig stärkere Luftströmungen, wie dies häufig der Fall ist, so verkrüppeln die Holzgewächse bei grosser Feinheit der Zellen und Gefässe des Holzes." Es wird hier auch darauf hingewiesen, dass die Zellen des Holzes der Bäume und Sträucher durch die Verdunstung kleiner bleiben und dickwandiger werden. Diese Erscheinung ist sehr leicht erklärlich. Durch den Turgor wird die Zellenmembran gespannt, die Molecularinterstitien vergrössert, und hierdurch Veranlassung dazu gegeben, dass die Einlagerung neuer Membrantheilchen vornehmlich nur in der Richtung der Dehnung erfolgt, wodurch natürlich das Flächenwachsthum auf Kosten des Dickenwachsthums begünstigt wird. Ist jedoch die Grösse des Turgors bedeutend herabgesunken, wie dies bei transpirirenden Pflanzen stets mehr oder minder der Fall ist, so sinkt die Hauptursache des Flächenwachsthums der Zellmembranen auf einen sehr kleinen Werth herab, und die beständig neu erzeugten Cellulosemoleküle finden Gelegenheit, sich nach allen Richtungen hin ziemlich gleichmässig einzulagern. In Folge dessen müssen solche Zellen bedeutend kleiner bleiben, dafür aber eine grössere Wandstärke erlangen. Schuhmacher stellt die Behauptung auf, dass das durch starke Turgescenz erzielte stärkere Wachsthum nur ein Scheinwachsthum sei, worunter man sich offenbar vorzustellen hat, dass die in gleichen Zeiten entstandene feste Substanz einer transpirirenden und einer nicht transpirirenden Pflanze (unter sonst gleichen Umständen) gleich ist und die ungleiche Grösse dieser Pflanzen nur von einer ungleichen räumlichen Vertheilung der festen Substanz herrührt. Wenn man jedoch bedenkt, dass die bei meinen Versuchen in gleichen Zeiten

gebildeten Zuwüchse der nicht transpirirenden Pflanze 3- bis 4mal, und ihre Blätter etwa doppelt so gross waren als die der transpirirenden, so erscheint diese Ansicht sehr unwahrscheinlich, um so mehr, als eine Differenz in der Dicke der Zellmembranen kaum erkennbar war. Um jedoch vollkommen sicher zu gehen, habe ich von den in gleichen Zeiten erwachsenen Trieben der beiden Exemplare von *Nerium Oleander*, die zu dem Versuche gedient hatten, dessen Resultate in Tabelle IV enthalten sind, Trockengewichtsbestimmungen gemacht, welche folgende Resultate ergaben:

Pflanze	Gewicht der frischen Triebe	Gewicht der bei 100° getrockneten Triebe	Wassergehalt in Procenten	Verhältniss der Gewichte der frischen Triebe	Verhältniss der Gewichte der getrockneten Triebe
a	0·1862 Gr.	0·0558 Gr.	70·0	100	100
b	0·6748	0·1620	75·9	308	290

Aus diesen Zahlen ist zu ersehen, dass der Wassergehalt der beiden unter verschiedenen Feuchtigkeitsverhältnissen erwachsenen Triebe, bei sehr differentem absoluten Gewicht, nur wenig von einander abweicht, und somit die gebildete Trockensubstanz nahezu in demselben Gewichtsverhältnisse steht, wie die Gewichte der frischen Triebe. (Siehe die letzten zwei Columnen obiger Tabelle.) Es wird also durch die Verhinderung der Transpiration und die sich daraus ergebende Erhöhung des Turgors, nicht bloss eine Ausdehnung der Zellen bewirkt, sondern auch eine Steigerung der Assimilation, und es ist somit die Ansicht Schuhmacher's nicht stichhältig. In welcher Weise diese Steigerung der Assimilation vor sich geht, darüber lassen sich gegenwärtig nur Vermuthungen aussprechen. Es erscheint nicht unwahrscheinlich, dass hierbei der Umstand besonders in Betracht kommt, dass die gebildeten Assimilationsproducte sich, bei grossem Turgor, beständig der Reaction entziehen, indem sie fortwährend in Form von Cellulose die Zellmembranen vergrössern. Bekanntlich verläuft ja jeder chemische Process rascher und vollständiger, wenn die dabei entstehenden Producte auf irgend eine Art sich der

Reaction entziehen, und zwar um so rascher, je schneller diese Entfernung geschieht.

Wenden wir uns nun zur Erörterung der zweiten Frage, derjenigen nämlich, wesshalb die Transpiration im Pflanzenreiche so allgemein verbreitet ist. Die Antwort hierauf ist eine sehr einfache und naheliegende. Die zahlreichen Spaltöffnungen der Pflanzen und die unterhalb derselben sich befindenden Athemhöhlen, welche ganz deutlich den Zweck einer Oberflächenvermehrung zur Schau tragen, sind offenbar bloss deshalb vorhanden, um eine möglichst rasche Aufnahme und Zersetzung der Kohlensäure der Atmosphäre möglich zu machen und nicht um die Transpiration zu erhöhen. Es erscheint somit die Transpiration als ein nothwendiges Übel für die Pflanzen, indem mit der Vergrösserung der kohlensäureaufnehmenden Oberfläche auch die transpirirende Oberfläche eine Vergrösserung erfahren muss. Bei genauerer Betrachtung der Wachsthumsverhältnisse findet man auch, diesem Principe entsprechend, dass die Pflanzen eine um so grössere kohlensäurezersetzende Oberfläche haben, je geschützter sie gegen die Transpiration sind, während andererseits unter den günstigsten äusseren Transpirationsbedingungen die transpirirende Oberfläche (und somit auch die kohlensäurezersetzende) auf ein Minimum herabgedrückt wird. Alle jene Pflanzen, welche in trockener und heisser Luft und in trockenem Boden wachsen, (Cacteen, cactusartige Euphoriaceen, Aloën u. a.) haben nur wenige (oder gar keine) Spaltöffnungen, ihre Differenzirung ist oft nur sehr gering, um die Oberfläche möglichst zu verkleinern, und sie sind überdies sehr stark cuticularisirt. Obwohl sie fast gar nicht transpiriren, so sind in ihnen doch die Bedingungen zum Zustandekommen eines kräftigen Turgors nicht vollkommen erfüllt, da auch das Erdreich, in dem sie wurzeln, sehr trocken ist. Da nun überdies durch die erwähnten Vorrichtungen gegen die Transpiration auch die Assimilation der Kohlensäure bedeutend gehemmt ist, so erklärt sich hieraus das langsame Wachsthum dieser Pflanzen. Höhnel[1] zeigte, dass die stomatische Transpiration niemals jene Höhe erreicht, auf welcher die Transpiration eines

[1] Wollny. Forschungen auf dem Gebiete der Agriculturphysik I. Bd., 4. Heft.

Blattes steht, dessen Epidermis noch nicht cuticularisirt ist. Es spielt also die Cuticularisirung bezüglich der Transpiration eine grössere Rolle als die Anzahl der Spaltöffnungen, und dem entsprechend finden wir auch, dass je zarter die Epidermis einer Pflanze, desto feuchter auch die Luft ist, in der sie gedeiht. So finden sich alle mit zarter Epidermis versehenen Farne, Laub- und Lebermoose fast nur an feuchten Orten und ebenso können die Pilze und Algen nur in feuchter Luft vegetiren. Höhnel[1] hat gezeigt, dass die Blätter jener Pflanzen, die an sonnigen Orten wachsen, an welchen ja die Bedingungen für die Transpiration viel günstiger sind, dicker und derber werden, während sie an schattigen Orten, wo natürlich die Transpiration geringer ist, zarter bleiben. Es zeigt sich also hier auf das Allerdeutlichste, dass sich die Pflanzen gegen die Transpiration zu schützen suchen, respective, dass sich im Kampfe um's Dasein bloss die gegen die Verdunstung am besten geschützten erhalten. Auch bei meinen Versuchen war ja, wie schon erwähnt, die Cuticularisirung sehr verschieden ausgebildet. Dieser Umstand liess es nicht uninteressant erscheinen, zu untersuchen, ob nicht auch die Anzahl der Spaltöffnungen je nach der Möglichkeit mehr oder weniger zu transpiriren, verschieden war. Diesbezüglich angestellte Zählungen ergaben jedoch Resultate, die nur sehr wenig von einander abwichen, und zwar durchaus nicht stets in demselben Sinne. Es scheint somit, dass die Verhinderung der Transpiration zunächst durch stärkere Cuticularisirung bewerkstelligt wird, und erst wenn dies nicht ausreicht (cactusartig gebaute Pflanzen) wird auch die Anzahl der Spaltöffnungen vermindert.

Überblickt man das Pflanzenreich, so findet man durchgängig das Bestreben, bei grösstmöglichster Assimilationsoberfläche unter den obwaltenden klimatischen Verhältnissen einen möglichst kleinen Transpirationsverlust zu erleiden. Die in den heissesten und trockensten Gegenden vorkommenden Pflanzen haben eine sehr kleine Oberfläche und nur wenige oder gar keine Spaltöffnungen. Diese Pflanzen können eine sehr grosse Zeit hindurch

[1] „Transpiration der forstlichen Holzgewächse."

fast ohne jede Wasserzufuhr sich lebend erhalten. Das gerade Gegentheil von ihnen finden wir in den Wasserpflanzen, von denen die meisten eine so zarte Epidermis haben, dass sie an gewöhlicher Luft schon nach kurzer Zeit ganz eintrocknen. Zwischen diesen zwei Extremen liegen nun zahllose Übergangsglieder, die alle mehr oder weniger vollkommen den verschiedenen Feuchtigkeitsgraden der Luft angepasst sind. Es zeigt sich also nicht bloss durch das Experiment, sondern auch durch Betrachtung der in der Natur vorkommenden Verhältnisse auf das Deutlichste, dass die Transpiration für die Pflanzen fast bloss ein nothwendiges Übel ist. Der einzige Vortheil, den die Transpiration den Pflanzen bietet, ist der, dass sie das Dickenwachsthum der Zellwände und ihre Verholzung fördert, und sie daher solche Pflanzen widerstandsfähig gegen heftige mechanische Einflüsse macht. Diese Art der Wirkung ist aber bloss eine qualitative; die Quantität des Holzkörpers jedoch muss durch die Transpiration immer geringer, niemals aber grösser werden. Es ist daher eine irrige Deutung bekannter Thatsachen, wenn Sachs[1] sagt: „dass die Holzbildung um so mehr gefördert ist, je ausgiebiger die Verdunstung und je mächtiger der Wasserstrom einer Pflanze". Diese Behauptung stützt sich auf die Thatsache, dass bei den Landpflanzen die Bildung des Holzkörpers gleichen Schritt hält mit der Vergrösserung der Blattkrone, während der Holzkörper bei Wasserpflanzen, entsprechend der gänzlich fehlenden Transpiration, gar nicht oder nur spärlich entwickelt ist. Bei genauerer Betrachtung sieht man jedoch bald ein, dass die Deutung dieser Thatsache in einer Weise geschehen muss, die der Sachs'schen gerade entgegengesetzt ist, nämlich folgendermassen: Wenn durch das Dickenwachsthum des Stammes, der das Wasser leitende Querschnitt sich vergrössert, so werden durch den hiebei sich vergrössernden Turgor, der ja bekanntlich einen sehr wesentlichen Einfluss auf die Entfaltung der Knospen hat, sich wieder neue Blätter entfalten, deren Transpiration nun bestritten werden kann. Die Grösse des leitenden Querschnittes allein ist jedoch nicht der einzige Factor, der die Blattanlage möglich macht, sondern es gehören hierher auch alle jene Umstände, welche die Pflanze in den Stand setzen

[1] Lehrbuch, pag. 585.

den Transpirationsverlust zu bestreiten, oder welche die Transpiration hintanhalten. Solche Momente sind besonders die Feuchtigkeit des Bodens und der Luft. Sind daher Boden und Luft sehr trocken, und haben sie überdies eine sehr hohe Temperatur, dann können auch bei grossem leitenden Querschnitte, keine oder nur sehr wenige Blätter angelegt werden, oder sie müssen wenigstens durch eine starke Cuticula oder Wachsschicht vor starker Transpiration geschützt werden. (Cactusartige Gewächse.) Diese irrige Auffassung findet sich auch noch in einem späteren Aufsatze,[1] wo es heisst: „Die Natur erzeugt das Holz nur und ausschliesslich da, wo es auf rasche Wasserbewegung ankommt", u. s. w. Dies muss heissen: Überall, wo in der Natur Holz sich vorfindet, ist eine rasche Wasserbewegung, und daher, wenn die übrigen Verhältnisse günstig sind, auch die Entwickelung der Blätter möglich.

Es ist jedoch selbstverständlich, dass die Transpiration durchaus nicht etwa eine Bedingung für die Verholzung ist, was schon aus der einfachen Thatsache folgt, dass die Pflanzen auch in Gewächshäusern, in denen die Luft stets mit Feuchtigkeit gesättigt ist, verholzen. Mit Ausnahme eines einzigen Punktes, nämlich der Begünstigung der Verholzung, ist also die Transpiration für die Functionen der Pflanzen nur ein Hinderniss.

Es sei mir zum Schlusse noch gestattet, die angenehme Pflicht zu erfüllen, Herrn k. k. Regierungsrath, Professor Dr. Ad. Weiss für die unermüdliche, in liebenswürdigster Weise gewährte Unterstützung, die er mir auch durch Neubeschaffung sämmtlicher Apparate und Instrumente zu Theil werden liess, meinen aufrichtigsten Dank zu sagen. Nur ihr, wie der gütigen Erlaubniss der unbeschränkten Verfügung über die Arbeitsräume des physiologischen Institutes verdanke ich die Möglichkeit der Durchführung dieser Untersuchung.

---

[1] Sachs, „Über die Porosität des Holzes". Arbeiten des botan. Institutes in Würzburg 1879, pag. 293.

Tabellen.

(Sämmtliche in diesen Tabellen angegebenen Zuwüchse sind in Millimetern ausgedrückt.)

Tabelle I.

Tägliche Zuwüchse zweier Exemplare von *Evonymus japonicus.* Pflanze *a* wuchs in trockener *b* in feuchter Luft.

Datum	Stunde	Zuwüchse der Pflanze		Temperatur
		a	*b*	
22/2	12	0·0	0·0	16° C.
23/2	12	0·3	1·6	15
24/2	12	0·8	1·6	15
25/2	12	1·0	1·7	15
26/2	12	1·05	2·0	15
27/2	12	1.10	2·4	16
28/2	12	1·10	2·7	16
29/2	12	1·20	3·2	16
1/3	12	1·30	3·2	17
2/3	12	1·30	3·5	17
3/3	3 p. m.	1·30	3·7	18
4/3	12	1·30	3·8	18
5/3	12	1·30	3·9	18
6/3	12	1·50	3·9	17

Tabelle II.

Tägliche Zuwüchse zweier Exemplare von *Tradescantia viridis.* Pflanze *a* war ein abgeschnittener, bewurzelter, in Nährstofflösung befindlicher Zweig, dem letztere durch den Druck einer etwa 700 Mm. hohen Quecksilbersäule eingepresst wurde und der in trockener Luft wuchs. Pflanze *b* war ein Zweig einer normalen Topfpflanze und wuchs in feuchter Luft.

Datum	Stunde	Direct abgelesene Werthe der Zuwuchse der Pflanze		Temperatur in °C.	Wirkliche jeweilige Längen der Zuwüchse der Pflanze	
		a	*b*		*a*	*b*
28/3	11 a. m.	0·0	—0·3	14°	0·0	0·0
29/3	12	0·0	—0·3	16	0·0	0·0
30/3	12	0·4	0·8	15	0·4	1·1
31/3	12	1·1	2·25	16	1·1	2·55
1/4	12	1·85	3·7	16	1·85	4·0
2/4	12	3·3	5·9	16	3·3	6·2
3/4	3 p. m.	4·75	8·0	16	4·75	8·3
4/4	12	5·9	10·15	18	5·9	10·45

Datum	Stunde	Direct abgelesene Werthe der Zuwüchse der Pflanze		Temperatur in °C.	Wirkliche jeweilige Längen der Zuwüchse der Pflanze	
		a	*b*		*a*	*b*
5/4	12	7·0	11·25	14°	7·0	11·55
6/4	12	7·9	13·25	15	7·9	12·55[1]
7/4	12	8·7	1·2	16	8·7	13·75
8/4	12	9·7	3·3	18	9·7	15·85
9/4	12	10·7	5·0	18	10·7	17·55
10/4	12	11·8	7·7	17	11·8	20·25
11/4	12	12.5	8.85	16	12·5	21·4
12/4	12	13·2	10·65	13	13·2	22·2[2]
13/4	12	13·7	—0·3	13	13·7	22·2
14/4	12	14·2	0·05	13	14·2	22·55
15/4	12	14·6	2·8	15	14·6	25·3[3]
16/4	12	0·85	4·7	16	15·25	27·2
17/4	12	1·45	7·0	12	15·85	29·5
18/4	12	1·9	9·7	11	16·30	32·2
19/4	12	2.5	10·7	23	16·90	33·2
20/4	12	3·2	15·2	17	17·60	37·7[4]
21/4	7 p. m.	3·95	0·1	16	18·35	39·7
22/4	5 p. m.	4·5	2·1	17	18·90	41·6
23/4	12	4·7	4·0	17	19·10	43·3
24/4	12	4·9	5·7	17	19·30	46·3
25/4	12	5·1	8·7	12	19·50	47·1
26/4	12	5·25	9·5	14	19·65	47·9
27/4	12	5·4	10·4	14	20·8	48·8
28/4	6 p. m.	5·5	12·0	16	20.9	49·4
29/4	6	5·5	14·2	12	20·9	51·6[5]
30/4	6	5·5	0·75	13	20·9	51·75
1/5	6	5·5	1·5	14	20·9	52·5[6]
2/5	7	1·0	3·5	11	21·6	54·5
3/5	7	1·8	5·5	14	22·4	56·5
4/5	12	2·3	6·6	17	22·9	57·6
5/5	6	3·5	6·6	21	24·1	57·6[7]
6/5	6	4·5	1·1	20	25·1	57·6
7/5	6	5·2	1·3	14	25·8	57·8
8/5	5	5·9	1·9	15	26·5	58·4
9/5	6	6·6	3·8	20	27·2	60·3
10/5	6	7·15	4·4	12	27·75	60·9
11/5	12	7·3	4·4	18	27·80	60·9

[1] Zeiger des Messapparates bei Pflanze *b* auf 0·0 zurückgeschoben.

[2] Zeiger des Messapparates bei Pflanze *b* auf 0·3 zurückgeschoben.

[3] Zeiger des Messapparates bei Pflanze *a* auf 0·2 zurückgeschoben.

[4] Zeiger des Messapparates bei Pflanze *b* auf 0·1 zurückgeschoben.

[5] Zeiger des Messapparates bei Pflanze *b* auf 0·6 zurückgeschoben.

[6] Zeiger des Messapparates bei Pflanze *a* auf 0·3 zurückgeschoben.

[7] Zeiger des Messapparates bei Pflanze *b* auf 1·1 zurückgeschoben.

Tabelle III.

Ergebniss einer Versuchsreihe, die in der gleichen Weise, aber mit anderen Exemplaren derselben Pflanze ausgeführt wurde, wie jene, deren Resultate in Tabelle II zusammengestellt sind.

Datum	Stunde	Direct abgelesene Werthe der Zuwüchse der Pflanze		Temperatur in °C.	Wirkliche jeweilige Längen der Zuwüchse der Pflanze	
		a	*b*		*a*	*b*
15/6	12	0·3	1·4	17°	0·0	0·0
16/6	4 p. m.	0·8	3·2	23	0·5	1·8
17/6	6 p. m.	1·3	11·4	16	1·0	10·0[1]
18/6	7 p. m.	5·15	7·75	17	4·85	16·95
19/6	5 p. m.	5·75	11·0	17	5·45	20·2
20/6	5	6·85	16·0	20	6·55	25·2[2]
21/6	6 p. m.	9·6	6·6	18	9·30	30·55
22/6	12	9·9	10·0	17	9·6	33·95
23/6	5 p. m.	11·75	16·0	23	11·45	39·95[3]
24/6	5	12·8	2·65	23	12·5	42·1[4]
25/6	5	2 3	8·40	17	14·3	47·85
26/6	5	3·1	13·3	22	15·1	52·75[5]
27/6	5	3·9	1·6	19	15·9	54·35
28/6	7 p. m.	4·2	4·45	19	16·2	57 2
29/6	12	4·4	6·4	18	16·4	59·15
30/6	5	4·4	8·2	21	16·4	60·95
1/7	6	4·4	10·4	20	16·4	63·15
2/7	6	4·4	10·9	18	16·4	63·65[6]
3/7	6	2·0	6·1	18	17·8	69·95
4/7	6	3·4	12·5	18	18·2	76·35[7]
5/7	6	5·3	6·5	19	20·1	82·55
6/7	12	5·5	9·9	17	20·3	85·95
7/7	8 p. m.	8·2	19·7	17	23·0	95·75
8/7	6	8·35	2·7	17	23·15	98·25[8]
9/7	6	9·1	8·25	17	23·9	103·8
10/7	6	10·15	13·15	17	24·95	108·7[9]
11/7	6	10·6	3·1	18	25·4	111·3
12/7	6	11·6	8·3	17	26·4	116·5
13/7	12	11·7	10·3	16	26·5	118·5
14/7	6	11·8	12·5	17	26·6	120·7

[1] Zeiger bei Pflanze *b* auf 0·8 verschoben.
[2] Zeiger bei Pflanze *b* auf 1·25 verschoben.
[3] Zeiger bei Pflanze *b* auf 0·5 verschoben.
[4] Zeiger bei Pflanze *a* auf 0·5 verschoben.
[5] Zeiger bei Pflanze *b* auf 0·0 zurückgeschoben.
[6] Zeiger bei Pflanze *a* auf 0·6, bei Pflanze *b* auf —0·2 verschoben.
[7] Zeiger bei Pflanze *b* auf 0·3 zurückgestellt.
[8] Zeiger bei Pflanze *b* auf 0·2 verschoben.
[9] Zeiger bei *b* auf 0·5 eingestellt.

Datum	Stunde	Direct abgelesene Werthe der Zuwüchse der Pflanze		Temperatur in °C.	Wirkliche jeweilige Längen der Zuwüchse der Pflanze	
		a	*b*		*a*	*b*
15/7	9 a. m.	11·8	17·1	17°	26·6	126·3
16/7	6	0·2	2·2	17	26·6	128·2[1]
17/7	6	0·85	4·0	17	27·25	130·0
18/7	6	1·2	9·5	18	27·60	135·5
19/7	6	1·6	12·3	21	28·0	138·3
20/7	10 a. m.	1·7	14·2	17	28·1	140·2[2]
21/7	9 a. m.	2·0	2·7	17	28·4	142·6
22/7	12	2·8	6·0	17	29·2	145·9
23/7	9 a. m.	2·9	6·7	17	29·3	146·6
24/7	9	3·4	8·6	17	29·8	148·5
25/7	9	3·9	10·2	17	30·3	150·1
26/7	8 a. m.	4·2	10·7	17	30·6	150·6[3]
27/7	9	4·5	0·3	17	30·9	150·8
28/7	8	4·65	1·2	17	31·05	151·7
29/7	8	4·65	1·7	17	31·05	152·2
30/7	9	4·65	2·0	17	31·05	152·5[4]
31/7	9	0·5	3·0	18	31·45	153·5
1/8	9	1·8	4·4	18	32·75	154·9
2/8	9	3·5	7·1	18	34·45	157·6
3/8	9	4·7	9·1	19	35·65	159·6
4/8	9	5·9	10·8	19	36·85	161·3
5/8	8	7·2	11·5	19	38·15	162·0
6/8	9	8·35	12·9	19	39·3	163·4
7/8	9	9·5	15·4	19	40·45	165·9
8/8	9	10·8	17·0	19	41·75	167·5[5]
9/8	9	12·2	0·9	19	43·15	168·2
10/8	8	12·5	1·2	18	43·45	168·5
11/8	9	12·7	1·3	18	43·65	168·6
12/8	9	12·8	1·3	18	43·75	168·6[6]
13/8	9	0·7	1·0	18	44·15	169·8
14/8	8	2·2	2·9	18	45·65	171·7
15/8	9	3·9	6·25	18	47·35	175·05
16/8	9	5·5	9·2	18	48·95	178·0
17/8	8	6·8	12·7	18	50·25	181·5[7]
18/8	8	7·7	3·6	18	51·15	184·8
19/8	9	8·5	3·9	18	51·95	185·1
20/8	9	10·1	5·0	18	53·55	186·2
21/8	9	10·3	5·8	18	53·75	187·0

[1] Zeiger bei *a* auf 0·2, bei *b* auf 0·3 verschoben.

[2] Zeiger bei *b* auf 0·3 eingestellt.

[3] Zeiger bei *b* auf 0·1 zurückgeschoben.

[4] Zeiger bei *a* auf 0·1 zurückgestellt.

[5] Zeiger bei *b* auf 0·2 eingestellt.

[6] Zeiger bei *a* auf 0·3, bei *b* auf —0·2 gestellt.

[7] Zeiger bei *b* auf 0·3 zurückgeschoben.

Tabelle IV.

Tägliche Zuwüchse zweier Exemplare von *Nerium Oleander*. Beide Pflanzen waren in Erde eingewurzelt und ihr Blumentopf befand sich in mit Wasser gefüllten Blechbüchsen, deren Construction es erlaubte auf das Wasser den Druck einer etwa 700 Mm. hohen Quecksilbersäule einwirken zu lassen. Anfangs wurde bloss das Wasser der Pflanze *a*, die sich in trockener Luft befand, unter diesen Druck gesetzt, später geschah dies auch für die in feuchter Luft wachsende Pflanze *b*.

Datum	Stunde	Direct abgelesene Werthe der Zuwüchse der Pflanze		Tempe-ratur in °C.	Wirkliche jeweilige Längen der Zuwüchse der Pflanzen	
		a	*b*		*a*	*b*
24/6	9 a. m.	0·5	7·5	24°	0·0	0·0
25/6	9 a. m.	0·8	10·7	25	0·3	3·2
26/6	9	1·1	13·4	24	0·6	5·9
27/6	9	1·9	15·4	20	1·4	7·9[1]
28/6	9	2·8	3·3	20	2·3	10·5[2]
29/6	9	3·7	5·9	21	3·2	13·1
30/6	9	4·5	7·8	22	4·0	15·0
1/7	9	5·6	10·5	22	5·1	17·7
2/7	9	5·8	12·1	23	5·3	19·3[3]
3/7	9	5·8	13·1	23	5·3	20·3
4/7	9	5·9	13·2	19	5·4	20·4[4]
5/7	9	6·0	0·7	21	5·5	20·6
6/7	9	6·1	1·4	23	5·6	21·3[5]
7/7	9	6·1	2·0	23	5·6	21·9
8/7	9	6·1	2·2	22	5·6	22·1
9/7	9	6·2	2·5	23	5·7	22·4
10/7	9	6·2	2·7	24	5·7	22·6[6]

Es wurde nun auch das Wasser der Pflanze *b* unter Druck gesetzt.

---

[1] Zeiger bei *b* auf 0·7 eingestellt.

[2] Pflanze *b* treibt eine Luftwurzel und lässt die Anlage einer zweiten erkennen.

[3] Pflanze *b* beginnt sich zu krümmen.

[4] Zeiger bei *b* auf 0·5 eingestellt.

[5] Pflanze *a* krümmt sich etwas.

[6] Pflanze *b* ist schon sehr stark gekrümmt und dem Augenscheine nach viel länger als Pflanze *a*.

Datum	Stunde	Direct abgelesene Werthe der Zuwüchse der Pflanze		Temperatur in °C.	Wirkliche jeweilige Längen der Zuwüchse der Pflanze	
		a	*b*		*a*	*b*
11/7	8	6·2	2·9	24°	5·7	22·8
12/7	8	6·3	3·2	24	5·8	23 1
13/7	8	6·3	3·3	24	5·8	23·2
14/7	8	6·3	3·5	24	5·8	23·4
15/7	8	6·3	3·8	24	5·8	23·7
16/7	8	6·4	4·0	24	5·9	23·9
17/7	8	6·4	4·1	22	5·9	24·0
18/7	8	6·4	4·3	20	5·9	24·2
19/7	8	6·5	4·5	20	6·0	24·4
20/7	8	6·5	4·8	20	6·0	24·7
21/7	8	6·6	5·1	19	6·1	25·0
22/7	8	6·6	5·4	19	6·1	25·3
23/7	8	6·6	5·6	19	6.1	25·5
24/7	8	6·7	5·7	19	6·2	25·6

Pflanze *b* war sehr stark gekrümmt, daher der Messapparat nur ein so geringes Wachsthum anzeigfe. Die Pflanze war aber dem Augenschein nach viel länger und hatte namentlich sehr grosse Blätter. (Wenigstens doppelt so gross als die der Pflanze *a*.) Um jedoch wenigstens einen Anhaltspunkt zu haben, mass ich am Schlusse des Versuches das jüngste Internodium beider Pflanzen. Bei Pflanze *a* hatte dasselbe eine Länge von 4 Mm., bei *b* eine Länge von 18 Mm. Diese Zahlen zeigen deutlich, dass auch hier dieselben Verhältnisse herrschen, wie bei den anderen Versuchen.